

8(15)#24 2019

UDK 54-724:366.636  
Prethodno priopćenje  
Preliminary communication  
Primljeno: 23.01.2019.**Marko Grba**Sveučilište u Rijeci  
[marko.grba@gmail.com](mailto:marko.grba@gmail.com)

# Filozofski, fizički i medijski elektron

## **Sažetak**

*U suvremeno doba sve većeg utjecaja elektroničkih medija kako na psihologiju pojedinca tako i na društvo općenito, valjalo bi se ozbiljnije posvetiti filozofskoj analizi same osnove tog načina komuniciranja: elektronu. To podrazumijeva i detaljno ulaženje u poimanja moderne fizike o prirodi materije, prije svega kvantne teorije polja i teorije relativnosti. Postavlja se pitanje što je elektron, što znači reći da je to elementarna čestica i uopće što je značenje pojma elementarna čestica? Također, kako je moguće česticama prenositi signale, dakle komunicirati na daljinu i bežično? Koje je značenje pojma fizička interakcija i koja je priroda interakcije?*

**Ključne riječi:** elektron, elementarna čestica, kvantna teorija, teorija relativnosti, lokalna interakcija, nelokalna korelacija.

## Uvod

Osnovica suvremenih komunikacijskih tehnologija (od radija preko televizije do mobitela, interneta i telekomunikacijskih satelita) jest elektron, elementarna čestica materije i dio fundamentalne teorije kojom fizičari opisuju materijalnu zbilju. Uz elektron, za potrebe ljudske komunikacije koriste se još i fotoni, tj. čestice elektromagnetskog zračenja. Fizičari, međutim, do danas znaju za još 11 elementarnih čestica materije od kojih sve imaju masu i koje interagiraju (međusobno komuniciraju) putem četiriju fundamentalnih međudjelovanja (za koje se ponekad koristi i termin *sile*, a ponekad *polja*, a zapravo bi bilo najbolje govoriti isključivo o interakciji obzirom da su prethodna dva pojma problematična, o čemu će kasnije biti više riječi). Šest je leptona (lakih čestica) među koje ubrajamo i elektron i šest kvarkova (teških čestica), dakle ukupno dvanaest elementarnih konstituenata materije, čestica koje su dalje nedjeljive (na bilo kojoj energijskoj razini, odnosno za bilo koju *razornu snagu*), i to bi bili pravi *atomi*, najsitnije nedjeljive čestice materije – san antičkih atomista poput Demokrita ili Lukrecija. Atom je prvi put rascijepljen još 1930-ih, nedugo nakon što je otkrivena atomska jezgra kao njegov osnovni dio; dakle već stotinjak godina znamo da su atomi kemijskih elementa dalje djeljivi, otkriće koje je došlo nedugo nakon što su atomi potvrđeni u eksperimentima početkom prošlog stoljeća, a kojima je teorijsko tumačenje dao Albert Einstein u svojim ranim radovima približno godine 1905.

Tablica elementarnih čestica, njih dvanaest, zapravo je pravi popis konstituenata materije, ono što je kemičarima periodni sustav elemenata gdje su čestice elementarne samo za kemičare, u smislu da atomi kemijskih elemenata ostaju nepromijenjeni u kemijskim pretvorbama (obično su to niskoenergijske pretvorbe, nekoliko ili nekoliko desetaka eV<sup>175</sup>). Tom popisu valja dodati još tzv. intermedijare, tj. čestice prijenosnike interakcija. Fizičari danas shvaćaju i interakcije među prethodno navedenim masivnim česticama (ili njihovim kombinacijama, odnosno konglomeratima) kao sudare tih čestica s česticama prijenosnicima, pri čemu uz neka ograničenja prijenosnici interakcije mogu nastajati i nestajati, dok čestice koje interagiraju po pravilu ostaju uvijek na broju, makar ne nužno uvijek kao iste čestice (važno je da ostaju kao čestice iste vrste); fizičari kažu da u nekoj interakciji ukupan broj leptona (lakih čestica) ili jednako tako, ukupan broj bariona (teških čestica) ostaje očuvan. Intermedijari su: foton, čestica prijenosnik elektromagnetske interakcije (one kojom se ostvaruju i sve ljudske komunikacije); tri masivna bozona, prijenosnici slabe nuklearne interakcije (prisutne pri nekim radioaktivnim raspadima), osam gluona, prijenosnika jake nuklearne interakcije (one koja vezuje protone i neutrone u jezgre atoma) i zasad još samo pretpostavljeni graviton, prijenosnik gravitacije. Zanimljivo je da i tri bozona, premda intermedijari (koji su inače čestice bez mase) imaju masu, što se odražava na doseg slabe interakcije i ona je vrlo kratkog dosega. Elektromagnetska i gravitacijska interakcija su jedine dugodosežne i kao takve najpogodnije za neki oblik komunikacije na daljinu.

<sup>175</sup> Elektronvolt, kratica eV, uobičajena je jedinica u kemiji i fizici čestica, to je zapravo vrlo mali iznos energije, reda veličine  $10^{-19}$  J.

Elektron je prva otkrivena elementarna čestica (otkriće J. J. Thomsona iz 1897.) i uz foton jedina koja je nakon brojnih izmjena tijekom više od stotinu godina ostala na popisu temeljnih građevnih jedinica materije. Stoga bi se moglo reći da može poslužiti kao model elementarne čestice, jer bi se kod elektrona morale naći osnovne karakteristike svih elementarnih čestica. I tu već počinju problemi: za sve elementarne čestice poznati su i dimenzija, i masa, i naboj, i spin i druga svojstva, dok su za elektron također poznate sve veličine osim jedne, njegove dimenzije. Zašto još uvijek nije moguće dati sigurnu procjenu dimenzija elektrona (kao pretpostavljene kuglice konačnog promjera) dočim je to primjerice za kvarkove kao osnovne konstituente protona ili neutrona a koji su s elektronom osnovni konstituenti atoma, poznato? Na to pitanje nije moguće naći jednoznačan odgovor u bilo kojem od službenih udžbenika fizike čestica, niti se o tom pitanju puno diskutira po stručnim skupovima ili publikacijama (Teller, 1997.). Ono zapravo upućuje na dublje nedostatke kvantne teorije polja kao temeljne teorije materije, u stanju u kakvom se trenutno nalazi. Filozof fizike, ili uopće fizičar koji traga i za interpretacijom svojih jednadžbi, koji bi htio doznati kakvu to zbilju opisuje kvantna teorija polja, mora ostati razočaran: to usprkos svim uspjesima u predviđanju rezultata eksperimenata kao i primjene u najrazličitijim tehnologijama nažalost i dalje nije posve jasno. U nastavku ću pokušati izvršiti rekonstrukciju materijalne stvarnosti kako ju vidi fundamentalna fizika danas, a primijenjenu na pojmove *medija*, *interakcije* i *objekata u interakciji*. Kako je fizika čestica, kako za fizičara tako i za filozofa golem i iznimno složen predmet, valja se ograničiti na neki njen dio, pa neka to bude dio o elektronu i fotonu i njihovim interakcijama, tzv. *kvantna elektrodinamika*, što će i više nego dostajati za potrebe razumijevanja materijalne osnove filozofije medija i komunikacije općenito.

### Dokazi diskretne prirode materije

Dokazi u prilog diskretnoj (ili u starijem žargonu fizičara kao i filozofa- *atomističkoj*) prirodi materije brojni su i raznorodni. Valja prvo istaknuti da su dokazi prikupljeni kroz period od barem dva do tri stoljeća (od pojave prvih kvantitativnih mjerenja u kemiji plinova pa do suvremenih eksperimenata u akceleratorima čestica, poput onoga u CERN-u, ili u kvantnoj optici) te da su prikupljeni za sve raspoložive energije (od nekoliko eV pa do TeV (što je red veličine  $10^{12}$  eV)). Primjerice, još su Dalton i drugi kemičari pronašli da se kemijski elementi uvijek spajaju u omjerima malih cijelih brojeva (kao da su im spojevi sastavljeni od malog broja sitnih zrnaca tvari, tada još pretpostavljenih atoma), zatim je Perrin odredio dimenzije pretpostavljenih atomskih agregata, molekula, za vrlo tanke slojeve emulzija; Thomson je, i prije no što su potvrđeni atomi kao realni fizički entiteti, otkrio dijelove pretpostavljenih čestica ioniziranog plina – elektrone, Rutherford nedugo kasnije otkriva jezgru atoma u međuatomskim sudarima na tankim listićima metala, a njegovi suradnici uspijevaju izvesti prvu pretvorbu atoma jednog elementa u atom drugog elementa – davni san alkemičara; zatim slijede otkrića raznih nuklearnih i pretvorbi među subatomske čestice: zapravo cijela fizika čestica kao jedna od najvećih grana fizike dokaz je diskretne prirode materije. Einstein je postulirao i čestice svjetlosti – fotone, koji su otad (1905.) uvijek potvrđivani u svim pokusima atomske fizike ili kvantne optike. Kemiju uopće nije moguće razumjeti bez atomske ili molekulske hipoteze.

Ipak do dana današnjeg za mnoge fizičare ostaje pitanje prirode materije na fundamentalnoj razini. Dapače, pioniri kvantne teorije i atomske fizike bili su skeptični oko postojanja diskretnih entiteta, posebno čestica svjetlosti (Planck, Schrödinger, de Broglie, Bohm, pa čak i Bohr koji je dao prvi kvantni model atoma) (Grba, 2016.). Sam Einstein, koji je postulirao fotone i doprinio ključni dokaz u prilog postojanju atoma, nikad nije prihvatio ni fotone ni atome kao elemente zbilje (Pais, 2008.). Na stranu Einsteinova legendarna neovisnost misli koja je ponekad graničila sa svoje glavošću, ipak ostaje pitati se: postoji li razlog ili razlozi nepovjerenju nekih od najvećih fizičara u diskretnu narav zbilje?

Pregledom ključne literature i izvornih radova (neki od kojih su citirani u Grba, 2016.) moguće je formulirati sljedeću tezu: i unatoč činjenici da svaki eksperiment atomske ili nuklearne fizike, doista cijela fizika čestica i cijela kemija, također uz gotovo sve eksperimente kvantne optike, svjedoče u prilog diskretnoj materiji, fizičari i dalje rezultate svih eksperimenata računaju pomoću teorija (kvantnih polja) koje koriste matematiku kontinuuma (skupova realnih ili kompleksnih brojeva) te daju kao rješenja svih jednadžbi privid nekog neprekinutog medija ili barem polja (apstraktnih) numeričkih vrijednosti, što onda prirodno (?) nameće kontinuum i kao pravu zbilju, istinsku ontologiju. Valja se međutim prisjetiti osnovnog postulata empirijske znanosti, da ne valja činjenice podređivati teoriji, već obratno, teoriju činjenicama. I premda je isprva i stručnjaku u polju kvantne fizike ili filozofije fizike prilično nevjerojatno da bi se neki od najvećih fizičara dali zavesti tzv. *ljepotom matematičkih konstrukcija*, a na uštrb navodno nezgrapnih rezultata eksperimenata, članak za člankom, publikacija za publikacijom otkriva da nažalost nitko nije imun na tu predrasudu. Poznato je da su Schrödinger i de Broglie do kraja života vjerovali u neku vrst valova materije premda su isti još u samim počecima kvantne teorije bili prokazani kao fikcija (Schrödinger 1952. (a), 1952. (b), de Broglie 1964.) Još 1920-ih Bohm (Bohm, 2002.) je također pokušao razviti cjelovitu novu interpretaciju (nerelativističke) kvantne teorije u kojoj je prema Bohmu i mnogim nastavljačima, ključni sastojak teorije tzv. *kvantni potencijal* koji je vrlo apstraktan matematički entitet izvan realnog prostora i vremena (bilo Newtonovog ili Einsteinovog) i po vrijednosti uvijek kompleksan broj, dakle, načelno nemjerljiv i neprikladan kao konačni opis fizičke stvarnosti. (Ovdje se nipošto ne želi zauzeti isključivi pozitivistički stav da za elemente zbilje valja jedino priznavati mjerljive veličine, ali se hoće istaknuti da ne treba niti olako iz matematike preuzimati bilo koji entitet kao dio opisa fizičke zbilje samo zato što se pojavljuje na nekom mjestu u teoriji!).

Ključni su zapravo pokusi Youngovog tipa difrakcije zrakâ, bilo svjetlosnog, bilo materijalnog izvora. Thomas Young je još početkom 19. stoljeća izveo pokus koji je vrlo brzo shvaćen kao *experimentum crucis* u razrješavanju pitanja prirode svjetlosti: je li svjetlost val, kao valovi na vodi, ili zvučni valovi, ili je roj čestica kao što je tvrdio Newton. Zapravo do vremena Youngovog pokusa rijetko je tko više vjerovao u čestičnu hipotezu koja je ostajala na životu više zbog autoriteta njenog postavljača negoli što se pokazala korisnom pri tumačenju optičkih pokusa. Ipak, trebalo je zatvoriti sve rupe u argumentima i provesti odlučujući pokus. Od tada a i zadugo nakon Younga mislilo se da je to bio njegov pokus. Pokus je u biti vrlo jednostavan i sastoji se u propuštanju tanke zrake svjetlosti

kroz vrlo usku pukotinu (dimenzije koja odgovara valnoj duljini pretpostavljenog vala svjetlosti, ili energiji svjetlosti ako na svjetlost gledamo kao na roj kvantnih čestica, kao što je mnogo poslije pokazao Max Planck). Ishod je tzv. *interferencijski obrazac* koji se vidi na udaljenom zidu kao niz svijetlih i tamnih područja (bilo pruga ili mrlja, ovisno o obliku pukotine). Takav obrazac zaštitni je znak valnih gibanja, jer se nešto slično dobiva kad se propusti valove na vodi između dvije bove ili zvuk između prikladno postavljenih barijera. Tako se barem mislilo više od stotinu godina. Ali onda su neki eksperimenti s prijelaza 19. u 20. stoljeće pokazali da se svjetlost doista barem ponekad ponaša kao roj čestica. Dakako, takvo nešto je apsurdno jer je pojam *dobro lokaliziranog objekta* (*čestice određenih dimenzija*) sasvim suprotan pojmu *vala kao kontinuiranog poremećaja nekog medija ili polja*. Je li svjetlost val ili čestica?, rasprava je buknila početkom prošlog stoljeća i žešće negoli početkom pretprošlog!

Stvari su se dodatno i sasvim neočekivano usložnile kada je de Broglie pokazao da bi se i materijalne čestice poput elektrona mogle ponekad ponašati poput valova nekog materijalnog medija, recimo elektronskog medija. Kada? Ako pretpostavimo da se elektronski snop iz katodne cijevi (nalik onoj starog televizora) propusti kroz primjereno usku pukotinu, rezultat će i opet biti interferencijski obrazac, ali za elektrone! A već je bilo dokazano da su elektroni čestice materije, dapače sastavni dijelovi atoma, za to je otkriće Thomson i dobio Nobelovu nagradu za fiziku. Schrödinger je ubrzo napisao jednadžbu čiji su rezultat bile tzv. *valne funkcije* koje su po njegovu mišljenju trebale i predstavljati elektronske valove, ali onda je ubrzo pokazano da je nemoguće povezati bilo kakve materijalne valove s matematičkim valnim funkcijama. Na pomolu su međutim bili samo novi paradoksi, rješenja kojih nemamo ni do dana današnjeg (Laloë 2001.).

Kako Schrödingerovu jednadžbu nije bilo moguće interpretirati kao jednadžbu valova, a potvrđena je u međuvremenu u svim prikladnim eksperimentima, nametala se potreba za drugačijom interpretacijom. Također su kvanti energije koje je uveo Planck a primijenio Bohr u tumačenju emisija i apsorpcija energije atoma, kao i Einstein pri tumačenju naravi svjetlosti, uvele novost u fiziku: nasumični karakter fundamentalnih procesa, procesa na razini atoma i subatomske čestice. Ali Schrödingerova je jednadžba bila deterministička, baš kao i Newtonova koju je trebala zamijeniti u mikroskopskim razdaljinama! Danas se zna da su sve jednadžbe kvantne fizike strogo determinističke ali da svejedno sa sigurnošću ne omogućuju predvidljivost, te su sva predviđanja u mikrosvijetu dana kao iskazi vjerojatnosti. Dapače, za atome ne postoje strogi kauzalni zakoni već samo više ili manje složene statistike. To nadalje sugerira da u pozadini prirodnih procesa ne postoje materijalni mehanizmi, jer ne postoje algoritmi po kojima bi se ti mehanizmi odvijali, dakle stvarnost je indeterministička, a opis stvarnosti nužno statistički. No iz svega rečenog jasno je da postoji dodatni problem objašnjavanja veze ili prijelaza od jednog režima na drugi, obzirom da su neke pojave doista determinističke, a opet svi procesi među mikroskopskim česticama materije su u suštini indeterministički.

Autorova sumnja je da je indeterminizam nužno vezan uz diskretnu prirodu materije i da će mnogi, ako ne i svi paradoksi kvantne mehanike biti razriješeni kada se iznađe mehanika kvantne čestice, što bi bilo u skladu s eksperimentalnim zahtjevima, dok je trenutno jedino raspoloživa kvantna mehanika ona valnih jednadžbi koja očito ne može do kraja objasniti zbilju ako i nastavi davati nova eksperimentalna predviđanja.

### Pitanje identiteta kvantnih čestica

Leibniz je, baveći se problemom identiteta individuumu, postavio sljedeći aksiom koji je primjenjivao u dobro poznatoj raspravi s Newtonom oko značenja i ontološke vrijednosti tada nove mehanike (Alexander 1956.):

*Individuumi koji su po svim svojstvima (atributima) identični, dakle se razlikuju jedino numerički, ipak su različiti individuumi.* (autorova verzija)

Ukoliko se zauzme Leibnizov stav (Leibniz, u Loemker 1969.) o mogućim individuumima kao prethodećim (u logičkom i ontološkom smislu) ozbiljenim (u Leibnizovoj terminologiji aktualiziranim) individuumima, tada nema potrebe razlikovati različite verzije načela (aksioma) nerazlučivosti identičnih individuumu (kako se isti naziva u suvremenoj literaturi (French 2006.), eng. *principle of the indistinguishability of indiscernibles*). U klasičnom smislu, dakle prije adventa moderne fizike, osobito kvantne teorije, načelo bi jednostavno garantiralo da su svake dvije stvari različite, ukoliko već postojeće.

Međutim nedavno je relativno pokazano (French 1988. i 1989. i u člancima navedena literatura) da kvantni objekti proturječe Leibnizovom načelu i na neki način zdravom razumu. Naime, iz naravi kvantnih statistika (Fermi-Diracova statistika za čestice poput elektrona i Bose-Einsteinova statistika za čestice poput fotona) zaključeno je da se između, primjerice dva elektrona u sudaru kojega je rezultat raspršenje (odbijanje) istih, ne može nikakvim sredstvima, bilo teorijskim ili eksperimentalnim, odrediti koji je koji. Drugim riječima, ako se u mislima jednom elektronu koji nadolazi s lijeva pridaje naljepnica A a onome koji nadolazi s desna, naljepnica B, nakon njihova susreta, pošto su po svim atributima identični i bez obzira što su dvije a ne jedna čestica, nije moguće reći koji završava na lijevo a koji nadesno! Dakle kvantne čestice su nerazlučive, odnosno može se reći da njihov identitet nije uvijek moguće odrediti; u određenim situacijama one gube identitet!

Ovaj još uvijek među širom zajednicom fizičara i filozofa malo poznat zaključak očito govori u prilog neobičnosti zbilje na najmanjim razdaljinama te o njemu valja voditi računa pri svakoj raspravi o načinu postojanja kvantnih objekata; zaključak je to koji zacijelo ima i dalekosežne posljedice po određivanje identiteta i većih, klasičnih objekata, a možda i duhovnih kvaliteta ljudskog identiteta.



## Interakcije bez medija i korelacije bez interakcija

Moderna fizika se udaljila od Newtonove koncepcije uzročnosti, kao i njegove idealne koncepcije međudjelovanja, ali se u kvantnoj teoriji opet pojavila *actio in distans* (djelovanje na daljinu kao u slučaju univerzalne gravitacije) koju su i Newton i gotovo svi njegovi nasljednici pošto-poto htjeli izbjeći.

O uzročnosti ukratko: Aristotel je imao četiri uzroka svakom zbivanju, Newton je za potrebe izgradnje svoje mehanike preuzeo samo jedan (*causa efficiens*) što se nastojalo zadržati u fizici kao jedini nužno potreban oblik uzročnosti, makar se Newton u ulozi filozofa ili teologa s time zapravo nije slagao. (Poznato je da je poredak u Svemiru koji proizlazi iz prirodnih zakona, jednadžbi koje je Newton među prvima počeo pisati, on vidio tek kao djelomični poredak kojega nadopunjuje mogućnost izravne božanske intervencije!) Einstein je pri svojoj velikoj i gotovo potpunoj reviziji Newtonove mehanike, kao i uopće fizike do svoga vremena, ipak kanio zadržati newtonovsku koncepciju uzročnosti. Problem je bio što je Einsteinova teorija relativnosti nametala temeljne promjene Newtonovih predodžbi o prostoru i vremenu, kao međusobno odjelitih i neovisnih o materiji. Za Newtona vrijeme svuda u Svemiru jednoliko i jednako protječe, dok za Einsteina ovisi o brzini promatrača, kao i blizini i jakosti gravitacijskih polja. Newtonova teorija promjenu (gibanja) pripisuje sili koja bi idealno uvijek trebala djelovati kao kontaktna interakcija, kao pri sudarima biljarskih kugli, ali u slučaju zakona gravitacije izgleda kao da se radi o djelovanju na daljinu, preko golemih udaljenosti svemirskog vakuuma. Einstein je međutim uz pretpostavku gravitacijskog polja medija gravitacijskog međudjelovanja, uspio izvesti svoj još općenitiji zakon, slično kao što je Maxwell izveo svoje jednadžbe elektromagnetske interakcije uz pretpostavku električnog i magnetskog polja, i etera kao sjedišta tih polja. Nevolja je bila što je upravo Einstein svojim radovima iz teorije relativnosti kao i kvantne teorije pokazao da eter po svoj prilici ne postoji, a u svakom slučaju da se nikakvim sredstvima nikada neće moći opaziti!

Protiv svoje volje i usprkos vrlo velikom trudu da pokaže nadmoć teorije polja kao konačnog opisa materijalne zbilje, Einstein je na kraju pružio barem dokaze u prilog osnovanoj sumnji da nikakvo fizičko polje ne postoji jer ne postoji medij kao sjedište polja. Dapače, jednadžbe Einsteinove opće teorije relativnosti sugeriraju da ne postoji niti uzročnost u klasičnom Newtonovom smislu. Naime, Einsteinove jednadžbe gravitacijskog međudjelovanja nisu kauzalne, već relacije ekvivalencije, što će reći da se nigdje u Einsteinovoj teoriji ne može jednoznačno ukazati na uzroke gibanja kao različite od posljedica. Einstein samo uspostavlja veze (jednakosti) između različitih fizičkih veličina; u slučaju gravitacije, Einstein uvodi ekvivalenciju između zakrivljenosti prostor-vremena i količine mase-energije u nekom području prostor-vremena, ali ne može jednostavno reći da masa-energija uzrokuje zakrivljenost prostor-vremena ili da zakrivljenost prostor-vremena uzrokuje način gibanja mase-energije, jer niti za jedno teorija ne pruža mehanizam! Nadalje, sjedište gravitacijskog polja bilo bi upravo prostor-vrijeme, ali kako točno da bude sjedište gravitacijskog ali ne i nekog drugog polja, to Einstein opet ne može izvesti iz opće teorije relativnosti.

Uzme li se u obzir da ni kvantna teorija ne dopušta uzročnost već svodi tumačenje svakog elementarnog procesa na određenu statistiku, te da su polja kvantnih teorija polja doista tek apstraktna polja numeričkih vrijednosti fizičkih veličina, ostaje za zaključiti kako je suvremena fizika izvršila krajnju redukciju uzroka i – dokinula uzroke! Aristotel je imao 4 uzroka, Newton 1, Einstein je kad je već morao napustiti ili revidirati gotovo sve ostale koncepte htio opravdati barem Newtonov koncept uzročnosti; suvremena je fizika zaista bez uzroka. Ostaje pitanje od najveće važnosti, kako tumačiti prirodne pojave bez uzročno-posljedične logike, dakle kao isključivo prirodne statistike?

Fizičari su još u 19. stoljeću pokazali da je za opis električnih i magnetskih fenomena, kao i svjetlosti, potrebno uvesti pojam *interakcije koja bi se prenosila putem nekog medija*, lokalno, od točke do točke. No i dalje je postojala nada da će međudjelovanje medija s proučavanim objektom biti putem Newtonovih sudara. Einstein je, izbrisavši pojam *medija* iz fizike, zapravo i iznova postavio problem objašnjavanja fizičke interakcije. Kako su kvantna polja apstrakcije, ostaje pitanje kako se zapravo ostvaruje interakcija među kvantnim objektima. Suvremene teorije polja, kao najbolje provjerene fizičke teorije danas i unatoč izostanku potpune interpretacije, nude barem dio odgovora. Kvantne čestice u međudjelovanju ostvaruju interakciju putem posebnih čestica prijenosnika, tzv. *intermedijara*, čestica po svemu nalik onima među kojima posreduju, ali s osnovnom razlikom da ih osim pod iznimnim okolnostima nije moguće detektirati, pa se nazivaju virtualnim česticama. Virtualni intermedijari nastaju iz vakuuma i u vakuum se ponovno se vraćaju, i sve dok je vrijeme njihove pojave dovoljno kratko, taj mehanizam nije posve poznat.

Einstein je uvidjevši da u fiziku uvodi element nasumičnosti i nepredvidljivosti, u želji da opovrgne kvantnu mehaniku, otkrio ono što će se pokazati kao činjenica koja je dosad najviše uznemirila fizičare i za koju do danas nitko nema pravo objašnjenje. EPR-učinak, nazvan tako prema imenima autora rada u kojem je prvi put predviđen (Einstein, Podolsky, Rosen 1935.), trebao je isprva biti tek paradoks koji ukoliko je stvaran čini kvantnu mehaniku krajnje neuvjerljivom. Einstein je naime ispravno uočio da unutar kvantne teorije postoji mogućnost za usklađivanje fizičkih veličina (atributa) kvantnih objekata, ali bez mogućnosti interakcije među tim objektima. Einstein je isprva mislio da ukoliko su neke veličine stvarno korelirane, to znači da su oduvijek i bile korelirane, što će reći otkako su čestice bile u interakciji (preduvjet je ipak za takve nelokalne interakcije da su objekti u nekom trenutku bili u fizičkoj interakciji) pa do trenutka kad su veličine mjerene. U desteljećima koja su uslijedila, tzv. *nelokalne korelacije fizičkih veličina* dokazane su za razne sustave i na primjerima različitih veličina, i to uvijek kao korelacije bez interakcija, ali i bez da su veličine za dva objekta u korelaciji ikad prije bile usklađene (Fine 2017.). Einstein je zapravo protiv svoje volje na neki način vratio u fiziku *actio in distans*, ili kako je on to zvao, sablasno djelovanje na daljinu. Te korelacije nije moguće iskoristiti u komunikacijske svrhe jer su u suštini nasumične i kao takve posve nepredvidljive; moguće ih je, međutim, iskoristiti pri pisanju neprobojnog koda, jer kako za njih ne postoji algoritam tako nije moguće niti probiti kod!



## Zaključak

Osnovu komunikacije čine materijalne čestice (u slučaju ljudske komunikacije, elektroni i fotoni). Nema komunikacije brže od brzine svjetlosti (300 000 km/s). Svaka komunikacija je lokalna interakcija za koju međutim nije potreban medij. Postoje i nelokalne korelacije ali se one ne mogu iskoristiti za komunikaciju.

## Literatura:

- Alexander H. G. (ur.), *The Leibniz-Clarke Correspondence*, Manchester University Press, Manchester, 1956.
- Bohm D., Hiley B. J., *The Undivided Universe. An Ontological Interpretation of Quantum Theory*, Routledge, London-New York, 2002.
- de Broglie L., *The Current Interpretation of Wave Mechanics. A Critical Study*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam-London-New York, 1964.
- Einstein A., Podolsky B., Rosen N., *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*, *Phys. Rev.*, 47 777-780. (1935.).
- Fine A., *The Einstein-Podolsky-Rosen Argument in Quantum Theory*, u Zalta E. N. (ur.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, izdanje zima 2017., URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/qt-epr/>>.
- French S., *Identity and Individuality in Quantum Theory*, u Zalta E. N. (ur.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, izdanje proljeće 2006., URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2006/entries/qt-idind/>>.
- French S., *Quantum Physics and the Identity of Indiscernibles*, *Brit. J. Phil. Sci.*, **39** 233-46. (1988.).
- French S., *Why the Principle of the Identity of Indiscernibles is not Contingently True Either*, *Synthese*, **78** 141-66. (1989.).
- Grba M., *Fizika nakon čuda 1905.: Nove teorije, neočekivani obrati i fantastični eksperimenti moderne fizike*, Alfa, Zagreb, 2016., str. 77-142.
- Laloë F., *Do We Really Understand Quantum Mechanics? Strange Correlations, Paradoxes, and Theorems*, *Am. J. Phys.*, **69** 655-701. (2001.).
- Leibniz G. W., *1686 letter to Arnauld*, u Loemker, L. (ur. i prev.), *G. W. Leibniz: Philosophical Papers and Letters*, drugo izdanje, D. Reidel, Dordrecht, 1969., str. 333.
- Pais A., *"Subtle is the Lord..." The Science and the Life of Albert Einstein*, OUP, Oxford, 2008., str. 357-464.

Schrödinger E., *Are There Quantum Jumps I?*, *Brit. J. Phil. Sci.*, **3** 109-123. (1952.).

Schrödinger E., *Are There Quantum Jumps II?*, *Brit. J. Phil. Sci.*, **3** 233-242. (1952.).

Teller P., *An Interpretive Introduction to Quantum Field Theory*, Princeton University Press, Princeton, 1997.

## Philosophical, Physical and Media Electron

### Abstract

*In the contemporary age of everincreasing influence of electronic media as much as on an individual psyche as on the society as a whole, it would be of great value to undertake a detailed analysis of the very foundation of that means of communication: the electron. This means also re-evaluating the notions of modern physics on the nature of matter, most importantly the notions of the quantum field theory and general theory of relativity. Some of the questions discussed are: what is an electron, what does it mean to say it is an elementary particle and, in general, what is the meaning of the notion of the elementary particle? Also, how are signals transmitted via particles, so how is telecommunication possible, and wirelessly? What is the meaning and nature of physical interaction?*

**Key words:** *electron, elementary particle, quantum theory, theory of relativity, local interaction, nonlocal communication.*



This journal is open access and this work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.